



18w

In the United States Patent and Trademark Office

Applicants: J. Wangler et al

Confirmation No: 4984

Patent Application
Serial No: 10/777,109

Date of Notice
of Allowance: 09/22/2004

Filed: February 13, 2004

Group Art Unit: 2851

For: Diaphragm for an
Integrator Unit

Examiner: Alan A. Mathews

Attorney Docket: 01091

Transmittal of Certified Copy

Commissioner for Patents and Trademarks
P.O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

Dear Sir:

Applicants herewith submit a certified copy of the German patent application 101 38 847.0 on which the claim of priority herein is based.

Country: Federal Republic of Germany
Application Number: 101 38 847.0
Filing Date: August 15, 2001

Respectfully submitted,

Walter Ottesen
Reg. No. 25,544

Walter Ottesen
Patent Attorney
P.O. Box 4026
Gaithersburg, Maryland 20885-4026

Phone: (301) 869-8950

Date: November 1, 2004

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 38 847.0

Anmeldetag: 15. August 2001

Anmelder/Inhaber: Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen/DE
Erstanmelder: Carl Zeiss, 89518 Heidenheim/DE

Bezeichnung: Blende für eine Integritätsereinheit

IPC: G 03 B, G 02 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 18. Oktober 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

Kahle

BEST AVAILABLE COPY



Beschreibung:

01091 P

Blende für eine Integratoreinheit

5 Die Erfindung betrifft ein Blende nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Derartige Blenden in Beleuchtungssystemen für Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen sind beispielsweise aus der US 5,473,408 bekannt. In dem dort gezeigten Beleuchtungssystem für eine Mikrolithographie-

10 Projektionsbelichtungsanlage ist eine reflektierende Blende mit einer kreisförmigen Blendenöffnung unmittelbar vor einem Stabintegrator angeordnet. Durch die Blendenöffnung kann zum einen Licht in den Stabintegrator eintreten, zum anderen wird Licht, welches vom Retikel zurückreflektiert wird und wieder in den Stabintegrator gelangt, an der reflektierenden Blendenfläche ein weiteres Mal reflektiert und dem
15 Nutzlicht wieder zugeführt. Die Blendenöffnung weist dabei einen Durchmesser auf, welcher deutlich kleiner als die Stabhöhe ist.

Aus der US 5,601,733 sind ebenfalls Blenden bekannt, die vor einem Stabintegrator angeordnet sind. Wie in der US 5,473,408 sind die Blenden auf der dem Stabintegrator
20 zugewandten Seite mit einer reflektierenden Fläche versehen, um Licht, das vom Beleuchtungssystem in den Stabintegrator zurückreflektiert wird, wieder dem Nutzlicht zu zuführen. Da als Lichtquelle ein Laser mit einer geringen Itendue (Phasenraumvolumen) verwendet wird, kann das Licht mit einer Kondensoroptik auf die Blende derart fokussiert werden, daß das Licht ohne Vignettierung durch die Blendenöffnung hindurch tritt und die
25 Blendenöffnung einen möglichst kleinen Durchmesser aufweist.

Beleuchtungssysteme für die Mikrolithographie mit einem Stabintegrator sind auch aus der US 5,675,401 der Anmelderin bekannt. Als Lichtquelle kommt dabei eine Quecksilber-Hochdrucklampe zum Einsatz. Derartige Lichtquellen weisen neben einer nahezu
30 kugelförmigen Abstrahlcharakteristik eine endliche Ausdehnung auf, so daß sie im

- Vergleich zu Laser-Lichtquellen eine deutlich größere Etendue haben. In der US 5,675,401 fokussiert eine Kondensoroptik das Licht auf die Eintrittsfläche des Stabintegrators und erzeugt dort einen Lichtfleck. Dieser ist rund, so lange die Lichtquelle eine zur optischen Achse rotationssymmetrische Ausdehnung und die optischen Komponenten in der
- 5 Kondensoroptik rotationssymmetrische optische Wirkungen aufweisen. Gerade bei Wafer-Scannern werden Stabintegratoren verwendet, deren Eintrittsfläche ein hohes Aspektverhältnis von Stabbreite zu Stabhöhe aufweisen, beispielsweise von 2:1 oder größer. Dabei kann es vorkommen, daß die Ausdehnung des Leuchtflecks größer als die Stabhöhe ist. Dies führt dazu, daß Licht vignettiert wird. Da jedoch in der Regel die an der
- 10 Eintrittsfläche auftretenden Strahlwinkel abhängig vom Abstand von der optischen Achse sind, führt die Vignettierung zu einer sogenannten elliptischen Pupillenausleuchtung. Unter einer elliptischen Pupillenausleuchtung versteht man Intensitätsverteilungen in den Pupillenebenen, die in den um eine horizontale Achse angeordneten Quadranten eine größere Gesamtintensität aufweisen als in den um eine vertikale Achse angeordneten
- 15 Quadranten und somit bei der Abbildung von horizontalen und vertikalen Strukturen mit Projektionsobjektiven der Mikrolithographie zu einem unterschiedlichen Auflösungsvermögen für horizontale und vertikale Strukturen führen.

- A
- 20 Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, Beleuchtungssysteme mit Stabintegratoren zu verbessern.

- Gelöst wird diese Aufgabe mit einer Blende gemäß Anspruch 1, einer Integratoreinheit gemäß Anspruch 9, einem Beleuchtungssystem gemäß Anspruch 11, einer Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage gemäß Anspruch 14 und einem Verfahren
- 25 zum Belichten von lichtempfindlichen Substraten gemäß Anspruch 15.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der abhängigen Ansprüche.

- Mit einer Blende gemäß Anspruch 1, welche in Lichtrichtung vor einem Stabintegrator angeordnet ist, läßt sich der Lichtfleck auf der Eintrittsfläche des Stabintegrators derart vignettieren, daß bei hoher Einkoppeleffizienz dennoch Pupillenausleuchtungen mit geringer Elliptizität nach dem Stabintegrator gewährleistet sind. Die Einkoppeleffizienz ist dabei durch das Verhältnis der Fläche der Blendenöffnung zur Fläche des Lichtfleckes gegeben. Die Elliptizität einer Pupillenausleuchtung ist eine skalare Größe und wird bestimmt, indem man das Verhältnis der Gesamtintensitäten der um eine horizontale Achse angeordneten Quadranten und der Gesamtintensitäten der um eine vertikale Achse angeordneten Quadranten bildet. Die Quadranten werden dabei von zwei Geraden begrenzt, welche sich in der Mitte der Pupillenausleuchtung schneiden, senkrecht zueinander stehen und zur horizontalen Richtung jeweils einen Winkel von 45° einschließen. Somit ist die Elliptizität gleich dem Verhältnis aus einem ersten Integral, bei dem über alle Punkte der Intensitätsverteilung integriert wird, deren x-Werte vom Betrag her größer sind als die y-Werte, und einem zweiten Integral, bei dem über alle Punkte der Intensitätsverteilung integriert wird, deren y-Werte vom Betrag her größer sind als die x-Werte:

$$\text{Elliptizität} = \frac{\int_{|x| > |y|} I(x, y) dx dy}{\int_{|y| > |x|} I(x, y) dx dy} \cdot 100\%$$

- Die x-Achse weist dabei in horizontaler Richtung, die y-Achse in vertikaler Richtung. Pupillenausleuchtungen ohne Elliptizität haben eine Elliptizität gleich 1.0, beziehungsweise 100%.

- Um bei hoher Einkoppeleffizienz Pupillenausleuchtungen mit geringer Elliptizität zu erreichen, weist die Blende eine Blendenöffnung auf, welche symmetrisch zu einer ersten Symmetrieachse ist, welche in x-Richtung weist. Dadurch wird erreicht, daß der Lichtfleck bezüglich dieser Symmetrieachse symmetrisch vignettiert wird. Die Breite der Blendenöffnung, welche in x-Richtung gemessen wird, hängt vom Abstand y von der Symmetrieachse ab, wobei die Blendenöffnung bei y = 0 die geringste Breite aufweist. Die

Breiten der Blendenöffnung sind somit größer oder gleich der Breite bei $y = 0$. Während also bei einer kreisrunden Blendenöffnung die Breite mit größer werdendem Abstand y kontinuierlich auf Null abnimmt, weist die Blende gemäß Anspruch 1 im Abstand y von der Symmetrieachse eine Breite auf, welche mindestens so groß ist wie die Breite bei $y = 0$.

5 oder sogar größer. Diese Blende wird nun vor einem Stabintegrator angeordnet, dessen Stabbreite in x-Richtung und dessen Stabhöhe in y-Richtung gemessen wird, wobei die Stabbreite in der Regel größer als die Stabhöhe ist. Zudem soll der Durchmesser des Lichtflecks größer als die Stabhöhe sein. In diesem Fall läßt sich mit der Blende der

10 Lichtfleck derart beschneiden, daß die Breite des Lichtflecks nahezu gleich der Höhe des Lichtflecks ist, welche sich durch Vignettierung am oberen oder unteren Rand der Blendenöffnung oder an der Eintrittsfläche des Stabintegrators ergibt, je nachdem, ob die Blendenöffnung oder der Stabintegrator eine geringere Höhe aufweisen. Ist die Winkelverteilung an der Eintrittsfläche des Stabintegrators vom Abstand von der optischen

15 Achse abhängig, lassen sich in x-Richtung die Teile des Lichtflecks vignettieren, die in y-Richtung durch die Blendenöffnung oder die Eintrittsfläche des Stabintegrators beschnitten werden. Ohne Blende würden sich in einer Pupillenebene nach dem Stabintegrator elliptische Pupillenausleuchtungen ergeben. Mit der Blende gemäß der Erfindung kann die Elliptizität der Pupillenausleuchtung nach dem Stabintegrator deutlich reduziert werden. Eine Pupillenebene nach dem Stabintegrator kann beispielsweise die Austrittspupille des

20 Stabintegrators oder eine Pupillenebene innerhalb eines in Lichtrichtung nach dem Stabintegrator angeordneten Objektivs sein. Eine Pupillenebene vor dem Stabintegrator kann beispielsweise die Eintrittspupille des Stabintegrators oder eine Pupillenebene innerhalb eines in Lichtrichtung vor dem Stabintegrator angeordneten Objektivs sein. Ist die Pupillenausleuchtung vor dem Stabintegrator eine sogenannte Multipol-Beleuchtung,

25 welche durch mehrere voneinander separierte ausgeleuchtete Bereiche gekennzeichnet ist, so wird durch den Einsatz der Blende gemäß der Erfindung erreicht, daß die Gesamtintensitäten der einzelnen Bereiche der Pupillenausleuchtung nach dem Stabintegrator nahezu im gleichen Verhältnis zueinander stehen wie die Gesamtintensitäten der einzelnen Bereiche der Pupillenausleuchtung vor dem Stabintegrator. Mögliche

30 Multipol-Beleuchtungen sind beispielsweise die Dipol-Beleuchtung mit zwei separierten

Bereichen oder die Quadrupol-Beleuchtung mit vier separierten Bereichen. Wenn im folgenden von der Erreichung von Pupillenausleuchtungen mit reduzierter Elliptizität oder Pupillenausleuchtungen ohne Elliptizität, gesprochen wird, so bedeutet dies übertragen auf die Multipol-Beleuchtungen, daß sich die Verhältnisse der Gesamtintensitäten der einzelnen Bereiche der Multipol-Beleuchtung zueinander nicht wesentlich verändern oder die Verhältnisse zueinander gleich geblieben sind.

Gemäß Anspruch 2 weist die Blendenöffnung eine effektive Höhe H_{eff} auf, welche nahezu gleich der Breite der Blendenöffnung bei $y = 0$ ist. Eine Abweichung von 10% ist dabei jedoch tolerierbar. Durch diese Bedingung wird erreicht, daß der vignettierte Lichtfleck in x- und y-Richtung jeweils eine nahezu gleiche Ausdehnung aufweist. Wird die Blende vor einem Stabintegrator angeordnet, so wirken die obere und untere Begrenzungslinien an der Eintrittsfläche wie die obere und untere Begrenzungslinien der Blendenöffnung, wenn die Blendenöffnung eine größere physikalische Höhe als die Eintrittsfläche des Stabintegrators aufweist. Die effektive Höhe der Blende ist in diesem Fall durch die Stabhöhe gegeben. Unter der effektiven Höhe H_{eff} der Blendenöffnung wird im folgenden der im Vergleich von physikalischer Höhe der Blendenöffnung und Stabhöhe kleinere Wert verstanden. Eine Blende, deren Blendenöffnung die gleiche physikalische Höhe wie die Stabhöhe aufweist, ruft in Bezug auf den Stabintegrator nämlich die gleiche Wirkung hervor wie eine Blende, deren Blendenöffnung eine größere Höhe als die Stabhöhe aufweist.

Da in der Regel die Winkelverteilung an der Eintrittsfläche des Stabintegrators nur vom Abstand von der optischen Achse abhängt, erzielt man mit einer kreisrunden Blendenöffnung, deren Durchmesser gleich der Stabhöhe ist, eine Pupillenausleuchtung ohne Elliptizität, solange nicht andere Faktoren die Pupillenausleuchtung beeinflussen. Kreisrunde Blendenöffnungen haben jedoch den Nachteil, daß sie einen beträchtlichen Anteil des Leuchtflecks vignettieren. Mit quadratischen Blendenöffnungen erreicht man ebenfalls Pupillenausleuchtungen ohne Elliptizität, wobei die Einkoppeleffizienz einer Blende mit quadratischer Blendenöffnung um den Faktor $4/\pi$ größer als bei einer entsprechenden Blende mit kreisrunder Blendenöffnung ist.

Um die Finkoppeffizienz der Blende weiter zu erhöhen, ist es vorteilhaft, wenn die Blendenöffnung am oberen und unteren Rand größere Breiten aufweist als in der Mitte bei $y = 0$. Das Verhältnis einer zweiten Breite B_2 bei $y = H_{Bl}/2$ zu einer ersten Breite bei $y = 0$ sollte dabei kleiner 2.0 sein, insbesondere zwischen 1.4 und 1.7 liegen. Die Breiten der Blendenöffnung sollten dabei größer oder gleich der ersten Breite B_1 und kleiner oder gleich der zweiten Breite B_2 sein. Diese Form der Blendenöffnung, die ausgehend von der ersten Symmetrieachse nach oben und unten jeweils breiter wird, führt zwar wieder zu leicht elliptischen Pupillenausleuchtungen, aber auch zu einer beträchtlichen Steigerung der Finkoppeffizienz. Die maximale Breite am oberen Rand der Blendenöffnung hängt von der tolerierbaren Elliptizität der Pupillenausleuchtung ab.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Blende weist die Blendenöffnung von $y = 0$ bis zu einem vorgegebenen Abstand y_0 , welcher größer als ein Viertel der Blendenhöhe und kleiner als die halbe Blendenhöhe ist, eine konstante erste Breite auf. Erst ab dem vorgegebenen Abstand y_0 nimmt die Breite der Blendenöffnung bis zum oberen Rand der Blendenöffnung zu. Die Breiten können dabei stufenförmig oder kontinuierlich zunehmen. Bei einer kontinuierlichen Zunahme kann der linke, beziehungsweise rechte Rand der Blendenöffnung zwischen dem vorgegebenen Abstand y_0 und $y = H_{Bl}/2$ durch eine Gerade, durch einen Kreishogen oder durch ein Polynom beschrieben werden.

Damit die Elliptizität der Pupillenausleuchtung in tolerierbaren Grenzen bleibt, ist es günstig, wenn der vorgegebene Abstand y_0 in Beziehung zur ersten Breite B_1 , zur zweiten Breite B_2 und zur Höhe H_{Bl} der Blendenöffnung gesetzt wird. Bevorzugt erfüllen diese Größen die folgende Bedingung:

$$\frac{H_{Bl} - (2 \cdot y_0)}{B_2 - B_1} > 0.6.$$

Durch diese Bedingung wird erreicht, daß die Breiten der Blendenöffnung zum Rand hin nicht zu stark ansteigen.

- Besonders günstig ist es, wenn die Breiten zwischen dem vorgegebenen Abstand y_0 und dem oberen Rand der Blendenöffnung linear anwachsen. Dadurch kommen zu der zentralen quadratischen Blendenöffnung an allen vier Ecken dreieckige Zusatzflächen hinzu, welche die Finkoppeffizienz steigern und nur eine geringe Elliptizität der Pupillenausleuchtung einführen. Die Berandungslinien zwischen dem vorgegebenen Abstand y_0 und dem oberen Rand der Blendenöffnung sollten zur y-Achse einen Winkel zwischen 0° und 60° , insbesondere zwischen 30° und 60° einschließen, damit die Elliptizität der Pupillenausleuchtung in tolerierbaren Grenzen bleibt.
- 10 Um die Elliptizität der Pupillenausleuchtung so gering wie möglich zu halten, ist es weiterhin günstig, daß die Blendenöffnung neben der Symmetrieachse in x-Richtung eine Symmetrieachse in y-Richtung aufweist.
- 15 Die Breite der Blendenöffnung bei $y = 0$ sollte zwischen 2mm und 30mm, insbesondere zwischen 4mm und 20 mm betragen, um an die Abmessungen der für Beleuchtungssysteme der Mikrolithographie typischen Stabintegratoren angepaßt zu sein.
- 20 Da die Abmessungen der Blendenöffnung an den nachfolgenden Stabintegrator angepaßt sind, betrifft die Erfindung auch eine Integraleinheit, bestehend aus der zuvor beschriebenen Blende und einem nachfolgenden Stabintegrator. Die Blende sollte dabei unmittelbar vor der Eintrittsfläche des Stabintegrators angeordnet sein, wobei der Abstand zwischen Blende und Eintrittsfläche durch die mechanischen Randbedingungen der Fassungen der Komponenten gegeben ist. Die Blende kann auch austauschbar vor dem Stabintegrator angeordnet sein. Möglich ist auch, die Blende beispielsweise durch eine
- 25 nicht transparente Beschichtung auf der Eintrittsfläche direkt aufzubringen. Die Blende kann aber auch mit einem abbildenden optischen System auf die Eintrittsfläche des Stabintegrators abgebildet werden. Auf der dem Stabintegrator zugewandten Seite kann die Blende auch eine bei der Arbeitswellenlänge reflektierende Beschichtung aufweisen, um die beispielsweise in der US 5,473,408 beschriebenen Vorteile nutzen zu können. Der
- 30 Stabintegrator kann als Hohlleiter oder als Glasstab ausgebildet sein.

Die Anwendung der Blende und der Integriereinheit ist nicht auf eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage beschränkt. Vielmehr können derartige Integriereinheiten allgemein in Beleuchtungssystemen eingesetzt werden, welche mit Stabintegratoren als

5 Homogenisatoren arbeiten und hohe Anforderungen an die Pupillenausleuchtung stellen. Möglich ist der Einsatz beispielsweise in Beleuchtungssystemen für Waferinspektionssysteme, für Belichtungsanlagen zur Herstellung von Flachbildschirmen, für Projektoren oder für Mikroskope.

- 10 Elliptische Pupillenausleuchtungen treten primär dann auf, wenn die Eintrittsfläche des Stabintegrators rechteckig ist und der Lichtfleck, innerhalb dessen die Winkelverteilung vom Abstand von der optischen Achse abhängt, an der Eintrittsfläche in x- und y-Richtung unterschiedlich vignettiert wird. Der Einsatz der Blende gemäß der Erfindung ist deshalb dann günstig, wenn das Verhältnis aus Stabbreite und Stabhöhe mindestens 1,5 beträgt. In
- 15 Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen sind Seiten-Aspektverhältnisse im Bereich von 2:1, 4:1, bis 10:1 typisch. Zusätzlich sollte die Breite der Blendenöffnung bei $y = 0$ nahezu gleich der Stabhöhe sein, damit der Lichtfleck nach der Blende in x- und y-Richtung eine nahezu gleiche Ausdehnung aufweist. Die effektive Höhe der Blende sollte gleich der Stabhöhe sein, d.h. die physikalische Höhe der Blende sollte mindestens gleich
- 20 der Stabhöhe oder größer sein.

- Zwischen der Lichtquelle und der Integriereinheit ist üblicherweise eine Kondensoroptik angeordnet, welche alle optischen Komponenten zwischen Lichtquelle und
- Integriereinheit umfaßt. Die Kondensoroptik sammelt das Licht der Lichtquelle,
- 25 fokussiert es auf die Eintrittsfläche des Stabintegrators und erzeugt dort einen Lichtfleck. Die Kondensoroptik kann dabei auch ein Zoom-Objektiv und/oder Axikon-Linsen umfassen, um die Winkelverteilung an der Eintrittsfläche des Stabintegrators und damit auch Form und Ausdehnung der Pupillenausleuchtung zu beeinflussen. In der Kondensoroptik ist der Einsatz von diffraktiven Linsen möglich. Die optischen
- 30 Komponenten der Kondensoroptik weisen üblicherweise eine zur optischen Achse

- rotationssymmetrische optische Wirkung auf. Ist auch die Ausdehnung der Lichtquelle und die Abstrahlcharakteristik der Lichtquelle rotationssymmetrisch zur optischen Achse, so ist die Form des Lichtfleck rund, und die Winkelverteilung an der Eintrittsfläche hängt nur vom Abstand von der optischen Achse ab. Ist der Durchmesser des Lichtflecks größer als die Stabhöhe, so treten ohne Blende bei einem Aspektverhältnis der Eintrittsfläche größer als 1:1 elliptische Pupillenausleuchtungen nach dem Stabintegrator auf. Mit der zuvor beschriebenen Blende ist es möglich, Elliptizitäten kleiner 10%, insbesondere kleiner 5% zu erzielen, auch wenn der Durchmesser des Lichtflecks 150% größer als die Stabhöhe ist.
- 10 Diese Reduzierung der Elliptizität wird bei gleichzeitig großer Einkoppleffizienz erreicht. Die Einkoppleffizienz ist vorteilhafterweise größer als bei der Verwendung einer Blende mit einer kreisrunden Blendenöffnung, deren Durchmesser gleich der Stabhöhe ist, insbesondere um mehr als $4/\pi$, besonders bevorzugt um mehr als 1.3 größer.
- 15 Das zuvor beschriebene Beleuchtungssystem kommt vorteilhaft in einer Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage zum Einsatz, welche neben dem Beleuchtungssystem ein Projektionsobjektiv umfaßt, das eine Struktur tragende Maske auf ein lichtempfindliches Substrat abbildet. Dabei werden Auflösungen kleiner 300nm erzielt, so daß besonders hohe Anforderungen an die Pupillenausleuchtung gestellt werden.
- 20 Mit dieser Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage lassen sich unter anderem Halbleiter-Bauelemente herstellen.
- 25 Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Belichten von lichtempfindlichen Substraten, wie es beispielsweise bei der Herstellung von Halbleiter-Bauelementen eingesetzt wird.
- 30 Das von einer Lichtquelle, beispielsweise einer Plasma-Lichtquelle oder einer Quecksilber-Dampfampe, erzeugte Lichtbündel wird von einer Kondensoroptik zumindest teilweise aufgenommen. Die Kondensoroptik weist dabei eine erste

Pupillenebene auf, in welcher von dem Lichtbündel eine erste Pupillenausleuchtung erzeugt wird. Diese weist keine Elliptizität auf, wenn die Kondensoroptik optische Komponenten aufweist, deren optische Wirkungen rotationssymmetrisch zur optischen Achse sind, und wenn die Lichtquelle eine zur optischen Achse rotationssymmetrische Abstrahlcharakteristik aufweist, welche durch die Verteilung der Strahlwinkel zur optischen Achse gegeben ist.

Die nach der ersten Pupillenebene angeordneten optischen Komponenten der Kondensoroptik fokussieren das Lichtbündel auf einen Lichtfleck an einer Eintrittsfläche eines Stabintegrators.

Der Lichtfleck ist nahezu rund, wenn die Lichtquelle eine zur optischen Achse rotationssymmetrische Ausdehnung aufweist. Im Gegensatz zum Lichtfleck ist die Eintrittsfläche des Stabintegrators nicht rund, sondern in der Regel rechteckig. Die Eintrittsfläche weist eine erste und eine zweite Ausdehnung auf, die in zueinander senkrecht stehenden Richtungen gemessen wird. Die zweite Ausdehnung ist insbesondere bei Scanner-Systemen mindestens um den Faktor 1.5 größer als die erste Ausdehnung. Der Lichtfleck kann je nach Ausdehnung der Lichtquelle einen Durchmesser aufweisen, der größer als die erste Ausdehnung ist, insbesondere zwischen 150% und 400% größer als die erste Ausdehnung. Dadurch wird der Lichtfleck in Richtung der ersten und der zweiten Ausdehnung an der Eintrittsfläche unterschiedlich vignettiert. Da die Winkelverteilung an der Eintrittsfläche in der Regel nur vom Abstand von der optischen Achse abhängt, führt dies dazu, daß in Richtung der ersten und der zweiten Ausdehnung Strahlen mit unterschiedlich großen Winkeln bezüglich der optischen Achse in den Stabintegrator gelangen.

Mit einer Blende, welche nach der Kondensoroptik und vor dem Stabintegrator angeordnet wird, wird nun der Lichtfleck vignettiert. Die Blendenöffnung der Blende weist dabei eine Form auf, die von der Form des Lichtflecks und dem Querschnitt der Eintrittsfläche des Stabintegrators abweicht.

Innerhalb des Stabinintegrators wird das Lichtbündel homogenisiert, so daß an der Austrittsfläche des Stabinintegrators eine nahezu homogene Intensitätsverteilung erzeugt wird. In der Nähe der Austrittsfläche oder mit einem Defokus von wenigen Millimetern wird ein Maskierungssystem angeordnet, welches mit einem Objektiv auf eine erste
5 Feldebene abgebildet wird. Durch das Maskierungssystem läßt sich die Felddausleuchtung in der ersten Feldebene variabel und scharf begrenzen. Das Objektiv weist eine zweite Pupillenebene mit einer zweiten Pupillenausleuchtung auf. Ohne die Blende vor dem Stabinintegrator würde die zweite Pupillenausleuchtung eine deutliche Elliptizität aufweisen, wenn der Durchmesser des Lichtflecks deutlich größer als die zweite Ausdehnung der
10 Eintrittsfläche des Stabinintegrators ist. Mit der Blende kann die Elliptizität auf kleiner 10%, insbesondere kleiner 5% reduziert werden.

In der ersten Feldebene wird eine Struktur tragenden Maske angeordnet, die mit einem Projektionsobjektiv auf eine zweite Feldebene abgebildet wird. In der zweiten Feldebene
15 wird ein lichtempfindliches Substrat angeordnet und belichtet, sobald das Lichtbündel auf das lichtempfindliche Substrat trifft. In Richtung der ersten und zweiten Ausdehnung der Eintrittsfläche orientierte Strukturen der Maske würden ohne die Blende mit einem unterschiedlich großen Auflösungsvermögen abgebildet, wenn die Pupillenausleuchtung in der zweiten Pupillenebene eine Elliptizität aufweist. Erst mit der Blende und der mit ihr
20 verbundenen Reduzierung der Elliptizität ist eine Abbildung mit homogenem Auflösungsvermögen möglich.

Insbesondere kommt bei dem Verfahren eine Blende mit den bei der Beschreibung der Vorrichtung genannten Merkmalen zum Einsatz.

25 Die Aufzählung der Verfahrensschritte ist nicht abschließend, sondern gibt nur die Schritte wieder, die zur Reduzierung der Elliptizität erforderlich sind. Vielmehr sind weitere für den Belichtungsvorgang übliche und allgemein bekannte Verfahrensschritte anzuwenden.

30 Näher erläutert wird die Erfindung anhand der Zeichnungen.

B

Figur 1 zeigt eine Blende in Draufsicht;

Figur 2 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage ; und

Figur 3 zeigt in einer schematischen Darstellung die Definition der Elliptizität der Pupillenausleuchtung.

- 10 In Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel für eine Blende 1 gemäß der Erfindung gezeigt. Die Blende 1 weist die Blendenöffnung 3 auf, welche symmetrisch zu einer ersten Symmetrieachse 5 und symmetrisch zu einer zweiten Symmetrieachse 7 ist. In der Mitte der Blendenöffnung 3 liegt der Ursprung eines x-y-Koordinatensystems. Die erste Symmetrieachse 5 zeigt dabei in x-Richtung, die zweite Symmetrieachse 7 in y-Richtung.
- 15 Die Höhe H_{Bl} der Blendenöffnung 3 beträgt 13 mm. Die Breite der Blendenöffnung 3 ist abhängig vom Abstand y von der Symmetrieachse 5. Bei $y = 0$ beträgt die Breite B_1 im Ausführungsbeispiel der Figur 1 $B_1 = 13$ mm und ist gleich der Höhe H_{Bl} der Blendenöffnung. Bis zur Höhe $y_0 = 3.5$ mm weist die Blendenöffnung 3 eine konstante Breite von 13 mm auf. Zwischen der Höhe $y_0 = 3.5$ mm und dem oberen Rand der Blendenöffnung 3 wächst die Breite der Blendenöffnung linear an. Die Breite B_2 am oberen Rand der Blendenöffnung 3 bei $y = H_{Bl}/2 = 6.5$ mm beträgt $B_2 = 21$ mm, so daß das Verhältnis der Breite B_2 und der Breite B_1 gleich 1.6 ist. Die Berandungslinie der Blendenöffnung 3 zwischen der Höhe y_0 und dem oberen Rand der Blendenöffnung 3 schließt mit der y-Achse einen Winkel von 53.1° ein. Das Verhältnis zwischen der Differenz der Höhe H_{Bl} und dem doppelten Wert der Höhe y_0 und der Differenz der Breite B_2 und der Breite B_1 beträgt:

$$\frac{H_{Bl} - (2 \cdot y_0)}{B_2 - B_1} = \frac{13 \text{ mm} - (2 \cdot 3.5 \text{ mm})}{21 \text{ mm} - 13 \text{ mm}} = 0.75.$$

In Figur 2 ist der Einsatz der Blende 1 der Figur 1 in einer Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage gezeigt. Die Blende trägt in Figur 2 das Bezugszeichen 201. Die Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage 215 weist das Beleuchtungssystem 213, die Struktur tragende Maske 219, das Projektionsobjektiv 217 und das
5 lichtempfindlichen Substrat 221 auf. Im Beleuchtungssystem 213 ist die Lichtquelle 223, eine Quecksilber-Kurzbogenlampe, in einem der zwei Brennpunkte eines elliptischen Spiegels 225 angeordnet, der das emittierte Licht im zweiten Brennpunkt 227 sammelt.

Das folgende Objektiv 229 besteht aus einer ersten Linsengruppe 231, der konkaven ersten
10 Axikon-Linse 233, der konvexen zweiten Axikon-Linse 235 und einer zweiten Linsengruppe 237. Stellmittel 239 und 241 erlauben die axiale Verschiebung der Axikon-Linse 235 und eines optischen Elements der zweiten Linsengruppe 237. Damit kann sowohl der Abstand der Axikon-Linsen (233, 235) untereinander verstellt werden und somit der Ringfeldcharakter der Pupillenausleuchtung in der Pupillenzwischenebene 243
15 verändert werden, als auch eine Zoom-Wirkung zur Veränderung des Durchmessers der Pupillenausleuchtung, also des Kohärenzgrads σ , erreicht werden. Ausführungsbeispiele für das Objektiv 229 sind in der US 5,675,401 enthalten. Nach der Pupillenzwischenebene 243 folgt ein zweites Objektiv 245, mit dem das Licht auf die Blende 201 fokussiert wird. Der Kollektorspiegel 225, das Objektiv 229 und das Objektiv 245 bilden die
20 Kondensoroptik 210, welche ausschließlich optische Komponenten mit zur optischen Achse rotationssymmetrischer optischer Wirkung aufweist.

Die Kondensoroptik 210 bildet die Lichtquelle 223 auf die Blende 201 ab. Die Blende 201 ist unmittelbar vor der Eintrittsfläche 247 des Stabintegrators 211 angeordnet, welcher als
25 Quarzstab ausgebildet ist. Die Blende 201 und der Stabintegrator 211 bilden die Integratoreinheit 209.

Der Ausgang des Stabintegrators 211 ist eine Zwischenfeldebene, in der ein Maskierungssystem (REMA) 249 angeordnet ist. Das folgende REMA-Objektiv 251 bildet
30 das Maskierungssystem 249 auf die Struktur tragende Maske 219 (Retikel,

Lithographievorlage) ab und enthält eine erste Linsengruppe 253, eine Pupillenebene 255, zweite und dritte Linsengruppen (257 und 259) und dazwischen einen Umlenkspiegel 261. Ausführungsbeispiele für das REMA-Objektiv 251 sind in der DE 195 48 805 A1 (US 5,982,558) und der DE 196 53 983 A1 (US serial No.09/125621) gegeben.

5

Die Struktur tragende Maske 219 wird von dem Projektionsobjektiv 217 auf das Licht empfindliche Substrat 221 abgebildet. Ein Ausführungsbeispiel für das Projektionsobjektiv 217 ist in der DE 199 42 281.8 enthalten. Sowohl die Struktur tragende Maske 219 als auch das lichtempfindliche Substrat 221 werden von einer nicht dargestellten Positionier- und Wechseleinheit getragen, die neben dem Tausch der Elemente auch das Scannen der Elemente während der Belichtung erlauben.

10

Die Blende 201 ist an die Abmessungen des Stabintegrators 211 angepaßt. Die Eintrittsfläche 247 des Stabintegrators 211 weist die Stabbreite $B_{SI} = 28\text{mm}$ und die Stabhöhe $H_{SI} = 13\text{mm}$ auf. Die Stabbreite wird dabei in x-Richtung, die Stabhöhe in y-Richtung gemessen. Die Länge des Stabintegrators beträgt 800mm, um eine ausreichende Homogenisierung des Lichts zu gewährleisten. Die Breite B_1 der Blende 201 bei $y = 0$ und die Höhe H_{Bl} ist somit gleich der Stabhöhe H_{SI} . Die Blende 201 könnte auch eine größere physikalische Höhe aufweisen, da der Lichtfleck in diesem Fall durch die obere und untere Begrenzungslinien der Eintrittsfläche 247 vignettiert werden würde. Der Abstand der Blende 201 zum Stabintegrator 211 beträgt 0.5mm.

15

20

Im folgenden wird gezeigt, wie der Einsatz der Blende 201 die Elliptizität der Pupillenausleuchtung beeinflußt. Dazu wird zunächst die Blende 201 aus dem Beleuchtungssystem 213 entfernt. Der Lichtbogen der Lichtquelle 223 hat in diesem Ausführungsbeispiel eine Länge von 4mm und einen Durchmesser von 6mm. Die von der Lichtquelle 223 emittierten Lichtstrahlen weisen bezüglich der optischen Achse OA Winkel zwischen 60° und 135° auf. Die Lichtbogen wird durch die Kondensoroptik 210 auf die Eintrittsfläche 247 abgebildet und erzeugt einen Lichtfleck mit einem maximalen Durchmesser von 41mm, welcher somit um 315% größer als die Stabhöhe ist. Die Strahlen

25

30

weisen einen maximalen Winkel von 18° bezüglich der optischen Achse OA auf. Der Durchmesser des Lichtflecks und die Strahlwinkel an der Eintrittsfläche hängen von der Stellung der Zoom-Linsen und der Axikon-Linsen (233, 235) im Objektiv 229 ab. In diesem Beispiel sind die Axikon-Linsen (233, 235) geschlossen und das Objektiv 229 weist eine Brennweite von 77mm auf. Die hintere Brennebene des Objektivs 229 befindet sich dabei annähernd am Ort des zweiten Brennpunkts 227 des Spiegels 225, die vordere Brennebene annähernd am Ort der Pupillenzwischenebene 243. Die Brennweite des Objektivs 245 beträgt 90mm, wobei sich der hintere Brennpunkt annähernd am Ort der Pupillenzwischenebene 243 und sich der vordere Brennpunkt annähernd am Ort der Blende 201 befindet. Der Stabintegrator 211 erzeugt an seiner Austrittsfläche eine homogene Felddausleuchtung, die mit dem REMA-Objektiv 251 auf die Struktur tragende Maske 217 abgebildet wird. Auf die Feldebene mit dem Maskierungssystem 249 folgt nach der Linsengruppe 253 mit der Brennweite 123mm die Pupillenebene 255 des REMA-Objektivs 251, in der die Pupillenausleuchtung als Intensitätsverteilung $I(x,y)$ betrachtet wird. Die hintere Brennebene der Linsengruppe 253 befindet sich annähernd am Ort des Maskierungssystems 249, die vordere Brennebene annähernd am Ort der Pupillenebene 255.

Die Definition der Elliptizität der Pupillenausleuchtung wird mit Figur 3 veranschaulicht. Die Pupillenausleuchtung 375 ist dabei nicht homogen, wie das in Figur 3 schematisch dargestellt ist, sondern weist durch die in y-Richtung nicht vollständige Füllung der Eintrittsfläche 247 des Stabintegrators 211 ein Gitter von separierten Lichtflecken auf. Zur Bestimmung der Elliptizität werden die Gesamtintensitäten in den vier Quadranten 363, 365, 367 und 369 bestimmt. Die Quadranten werden durch die Geraden 371 und 373 begrenzt, die jeweils unter 45° zur y-Achse stehen. Die Elliptizität ist nun gleich dem Quotienten aus den Gesamtintensitäten in den Quadranten 363 und 367 und aus den Gesamtintensitäten in den Quadranten 365 und 369:

$$\text{Elliptizität} = \frac{\int_{363} I(x, y) dx dy + \int_{367} I(x, y) dx dy}{\int_{365} I(x, y) dx dy + \int_{369} I(x, y) dx dy} \cdot 100\%$$

- Ohne den Einsatz der Blende 201 beträgt die Elliptizität der Pupillenausleuchtung in der Pupillenebene 255,19%. Ordnet man vor dem Stabintegrator 211 eine kreisrunde Blende an, deren Durchmesser gleich der Stabhöhe $H_{St} = 13\text{mm}$ ist, so verschwindet die Elliptizität. Durch den Einsatz der kreisrunden Blende verliert man jedoch 48% der Gesamtintensität im Vergleich zu einer Integratoreinheit 209, die vor der Eintrittsfläche 247 keine Blende aufweist. Die Einkoppleffizienz der kreisrunden Blende beträgt 10,1%.
- 10 Mit einer quadratischen Blende, deren Höhe und Breite gleich der Stabhöhe $H_{St} = 13\text{mm}$ ist, verschwindet die Elliptizität der Pupillenausleuchtung ebenfalls. Mit einer quadratischen Blende verliert man nur noch 37% der Gesamtintensität im Vergleich zu einer Integratoreinheit 209 ohne Blende. Die Einkoppleffizienz der quadratischen Blende beträgt 12,8%.
- 15 Mit der Blende 201 beträgt die Elliptizität der Pupillenausleuchtung 2,5%. Im Vergleich zu einer Integratoreinheit 209 ohne Blende (Elliptizität 19%) ist die Elliptizität deutlich niedriger und weist einen tolerierbaren Wert auf. Mit der Blende 201 verliert man nur noch 32% der Gesamtintensität im Vergleich zu einer Integratoreinheit 209 ohne Blende. Die Einkoppleffizienz der Blende 201 beträgt 14,6%. Im Vergleich zu einer kreisrunden Blende ist die Einkoppleffizienz um den Faktor 1,45 größer. Die Gesamtintensität ist um den Faktor 1,3 größer als bei einer Integratoreinheit mit einer kreisrunden Blende.
- 20 Ausgehend von der Blende 201 kann die Berandungslinie der Blendenöffnung derart abgewandelt werden, daß sich bei gesteigerten Anforderungen an die Elliptizität der Pupillenausleuchtung tolerierbare Werte für die Elliptizität ergeben. Beispielsweise kann der Neigungswinkel der Berandungslinie zwischen der Höhe y_0 und dem oberen Rand der Blendenöffnung verringert werden. Möglich ist auch, den Wert für die Höhe y_0 zu erhöhen.
- 25

Geringere Werte für die Elliptizität ergeben sich auch, wenn die Berandungslinie zwischen der Höhe y_0 und dem oberen Rand der Blendenöffnung keine Gerade, sondern einen Bogen bildet, so daß die Breiten der Blendenöffnung in diesem Bereich geringer sind als bei der Blende 201.

5

Mit den Ausführungsbeispielen für eine Blende, welche vor einem Stabintegrator angeordnet wird, wurde gezeigt, daß es möglich ist, bei hoher Effizienz Pupillenausleuchtungen zu erzielen, die nahezu keine Elliptizität aufweisen.

Patentansprüche:

1. Blende (1, 201), insbesondere für eine Integratoreinheit (209) einer Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage (215), mit einer Blendenöffnung (3), wobei die
5 Blendenöffnung (3) symmetrisch zu einer ersten Symmetrieachse (5) ist, welche in x-Richtung weist, und Breiten in x-Richtung aufweist, welche vom Abstand y von der ersten Symmetrieachse (5) abhängen, dadurch gekennzeichnet, daß die Breiten größer oder gleich der Breite bei $y = 0$ sind.
- 10 2. Blende (1, 201) nach Anspruch 1, wobei die Blendenöffnung (3) eine effektive Höhe H_{eff} aufweist, welche nahezu gleich der Breite bei $y = 0$ ist.
3. Blende (1, 201) nach Anspruch 2, wobei die Blendenöffnung (3) bei $y = 0$ eine erste
15 Breite B_1 und bei $y = H_{eff}/2$ eine zweite Breite B_2 aufweist, wobei das Verhältnis aus der zweiten Breite und der ersten Breite einen Wert zwischen 1.0 und 2.0, insbesondere zwischen 1.4 und 1.7 annimmt, und wobei die Breiten der Blendenöffnung größer oder gleich der ersten Breite B_1 und kleiner oder gleich der zweiten Breite B_2 sind.
- 20 4. Blende (1, 201) nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 3, wobei die Blendenöffnung (3) von $y=0$ bis zu einem vorgegebenen Abstand y_0 , welcher größer als $H_{eff}/4$ und kleiner als $H_{eff}/2$ ist, eine konstante Breite aufweist.
- 25 5. Blende (1, 201) nach Anspruch 4, wobei das Verhältnis zwischen der Differenz der effektiven Höhe H_{eff} und dem doppelten Wert des vorgegebenen Abstand y_0 und der Differenz der zweiten Breite und der ersten Breite größer 0.6 ist.

6. Blende (1, 201) nach mindestens einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei die Breite der Blendenöffnung (3) zwischen dem vorgegebenen Abstand y_0 und $y = H_{Bl}/2$ linear anwächst.
- 5 7. Blende (1, 201) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Blendenöffnung (3) symmetrisch zu einer zweiten Symmetrieachse (7) ist, welche senkrecht zur ersten Symmetrieachse (5) steht.
- 10 8. Blende (1, 201) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Breite der Blendenöffnung (3) bei $y = 0$ Werte zwischen 2mm und 30mm, insbesondere zwischen 4mm und 20 mm aufweist.
- 15 9. Integriereinheit (209) für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage (215) mit einem Stabintegrator (211) und einer Blende (1, 201) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, die in Lichtrichtung vor dem Stabintegrator (211) angeordnet ist.
- 20 10. Integriereinheit (209) nach Anspruch 9, wobei der Stabintegrator (211) eine rechteckige Eintrittsfläche (247) mit einer Stabbreite in x-Richtung und mit einer Stabhöhe in y-Richtung aufweist, wobei das Verhältnis aus Stabbreite und Stabhöhe mindestens 1,5 beträgt und wobei die Breite der Blendenöffnung (3) bei $y = 0$ nahezu gleich der Stabhöhe ist.
- 25 11. Beleuchtungssystem (213) für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage (215) mit einer Integriereinheit (209) nach einem der Ansprüche 9 oder 10.
- 30 12. Beleuchtungssystem (213) nach Anspruch 11 mit einer Kondensoroptik (210), welche in Lichtrichtung vor der Integriereinheit (209) angeordnet ist und die Blende (1, 209) mit einem Lichtfleck beleuchtet, dessen Durchmesser größer als die Stabhöhe ist, und mit einer Pupillenebene (255), welche in Lichtrichtung nach der Integriereinheit (209) angeordnet ist und eine Pupillenausleuchtung (375) mit einer Elliptizität aufweist,

wobei die Blende (1, 201) den Lichtfleck derart vignettiert, daß die Elliptizität kleiner 10%, insbesondere kleiner 5% ist.

5 13. Beleuchtungssystem (213) nach einem der Ansprüche 11 oder 12, wobei die Blende (1, 201) eine Finkoppeffizienz aufweist, welche größer ist als bei einer Blende mit einer kreisrunden Blendenöffnung, deren Durchmesser gleich der Stabhöhe ist.

10 14. Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage (215) mit einem Beleuchtungssystem (213) nach einem der Ansprüche 11 bis 13 und mit einem Projektionsobjektiv (217), das eine Struktur tragende Maske (219) auf ein lichtempfindliches Substrat (221) abbildet.

15 15. Verfahren zum Belichten von lichtempfindlichen Substraten (221), insbesondere zur Herstellung von Halbleiter-Bauelementen, welches mindestens die folgenden Verfahrensschritte aufweist,

- Erzeugen eines Lichtbündels mit einer Lichtquelle (223),
- Sammeln des Lichtbündels mit einer Kondensoroptik (210) und Beleuchten einer ersten Pupillenebene (243) in der Kondensoroptik (210) mit einer ersten Pupillenausleuchtung, welche keine Elliptizität aufweist,
- 20 • Fokussieren des Lichtbündels auf einen Lichtfleck an einer Eintrittsfläche (247) eines Stabintegrators (211) mit der Kondensoroptik (210), wobei der Lichtfleck nahezu rund ist und einen Durchmesser aufweist, wobei die Eintrittsfläche (247) in einer ersten Richtung eine erste Ausdehnung und in einer zweiten auf der ersten Richtung senkrecht stehenden Richtung eine zweite Ausdehnung aufweist, welche mindestens um den Faktor 1,5 größer ist als die erste Ausdehnung, und wobei der Durchmesser des Lichtflecks größer ist als die erste Ausdehnung,
- 25 • Vignettieren des Lichtflecks mit einer Blende (1, 201), welche nach der Kondensoroptik (210) und vor dem Stabintegrator (211) angeordnet wird,

- Homogenisieren des Lichtbündels mit dem Stabintegrator (211) und Erzeugen einer homogenen Feldausleuchtung an einem Maskierungssystem (249), welches nach dem Stabintegrator (211) angeordnet wird,
 - 5 • Abbilden des Maskierungssystems (249) auf eine erste Feldebene mit einem Objektiv (251), wobei in einer zweiten Pupillenebene (255) des Objektivs (251) eine zweite Pupillenausleuchtung (375) erzeugt wird, welche eine Elliptizität kleiner 10%, insbesondere kleiner 5% aufweist,
 - 10 • Anordnen einer Struktur tragenden Maske (219) in der ersten Feldebene,
 - Abbilden der Struktur tragenden Maske (219) auf eine zweite Feldebene mit einem Projektionsobjektiv (217),
 - Anordnen eines lichtempfindlichen Substrates (221) in der zweiten Feldebene und Belichten des lichtempfindlichen Substrates (221).
16. Verfahren nach Anspruch 15, wobei der Lichtfleck mit einer Blende (1, 201) nach
15 mindestens einem der Ansprüche 1 bis 8 vignettiert wird.

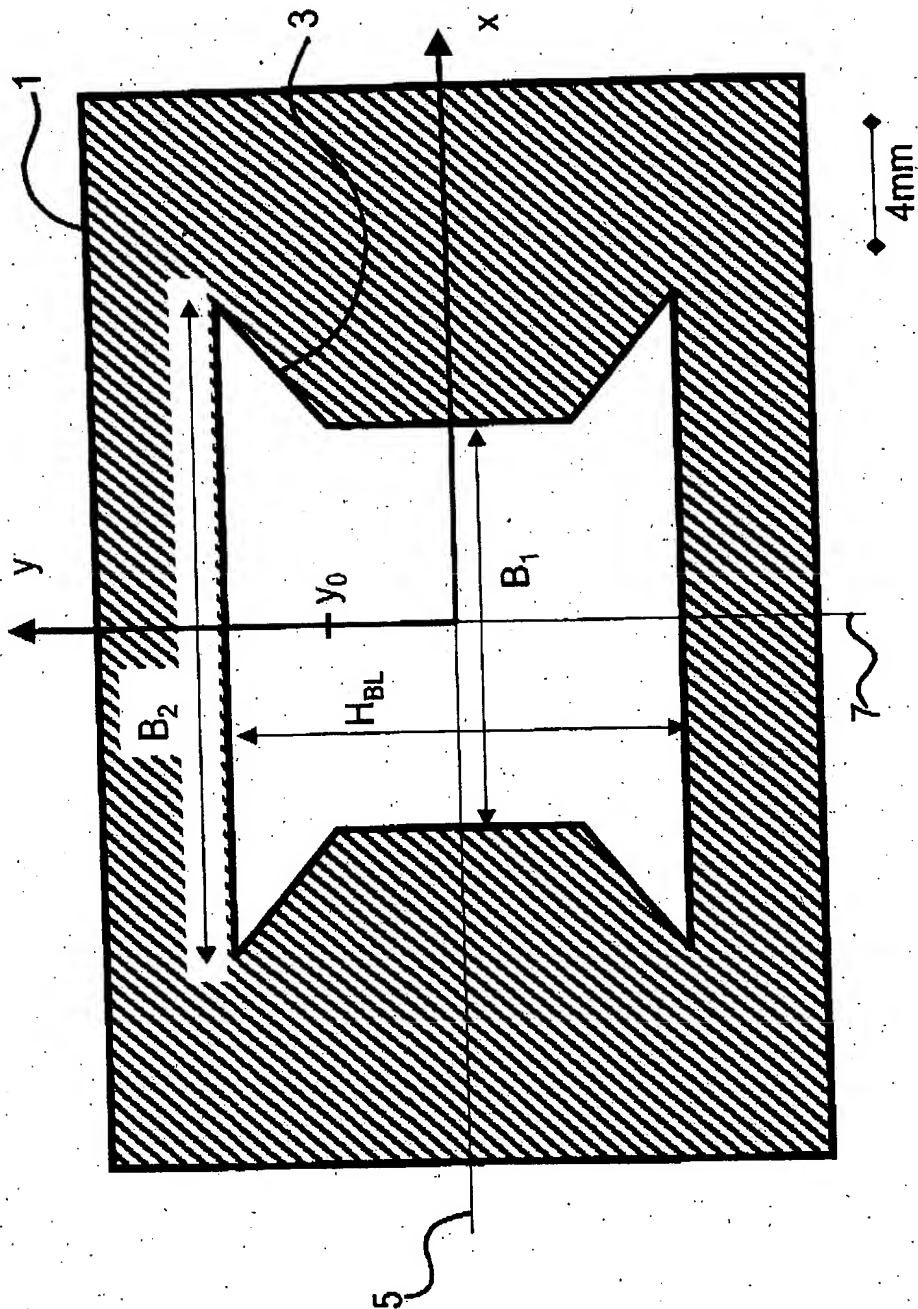
3

Zusammenfassung:

Blende für eine Integratoreinheit

(Fig. 1)

- 5 Blende (1) für eine Integratoreinheit einer Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage.
Die Blende (1) weist eine Blendenöffnung (3) auf, welche symmetrisch zu einer ersten Symmetrieachse (5) ist. Dabei sind die Breiten der Blendenöffnung (3) in Richtung der Symmetrieachse (5) vom Abstand y von der ersten Symmetrieachse (5) abhängig, wobei die Breiten größer oder gleich der Breite bei $y = 0$ sind. Die Blende (1) bildet zusammen
10 mit einem Stabintegrator eine Integratoreinheit, welche in einem Belichtungssystem angeordnet ist.

Fig. 1

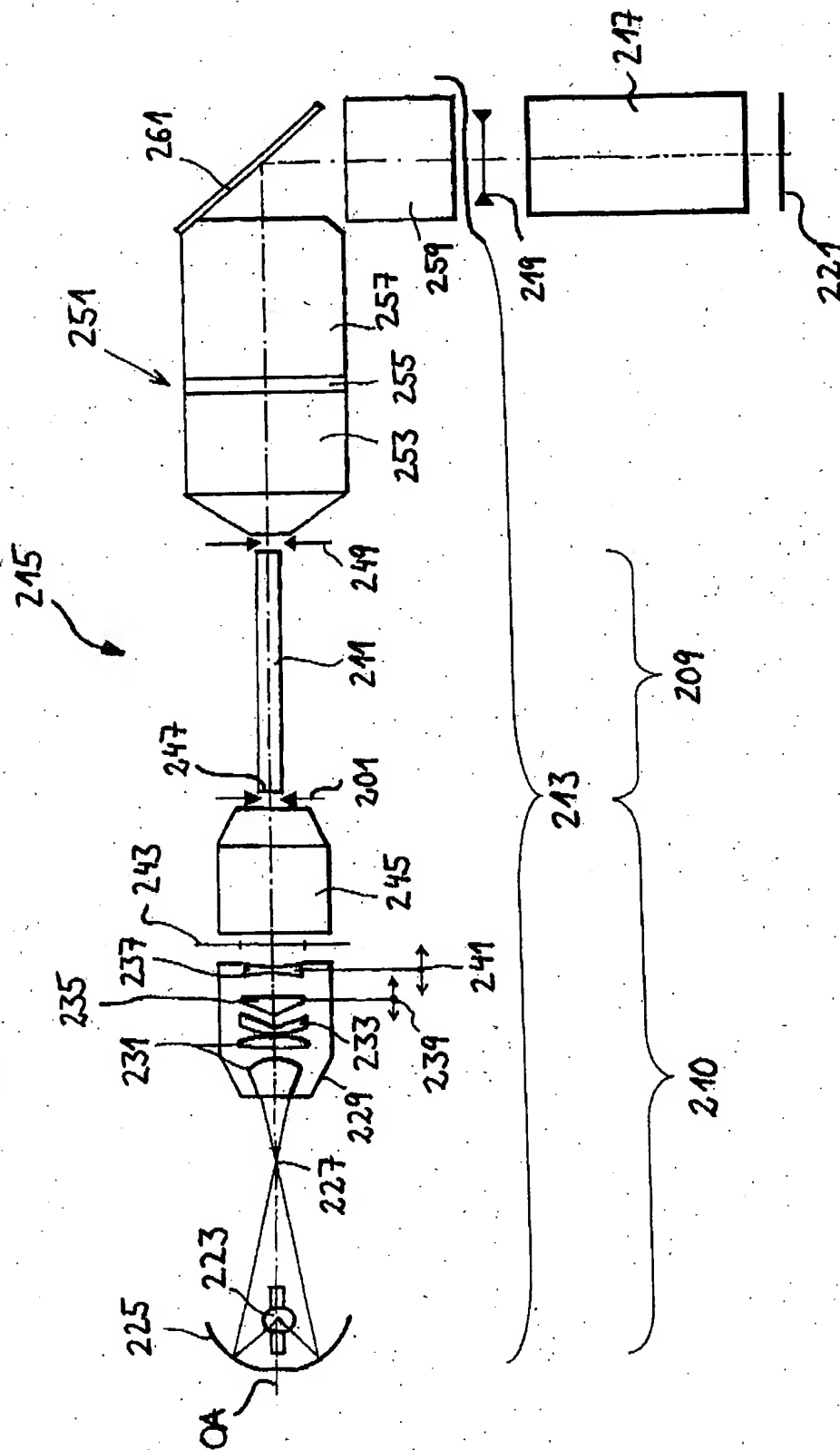
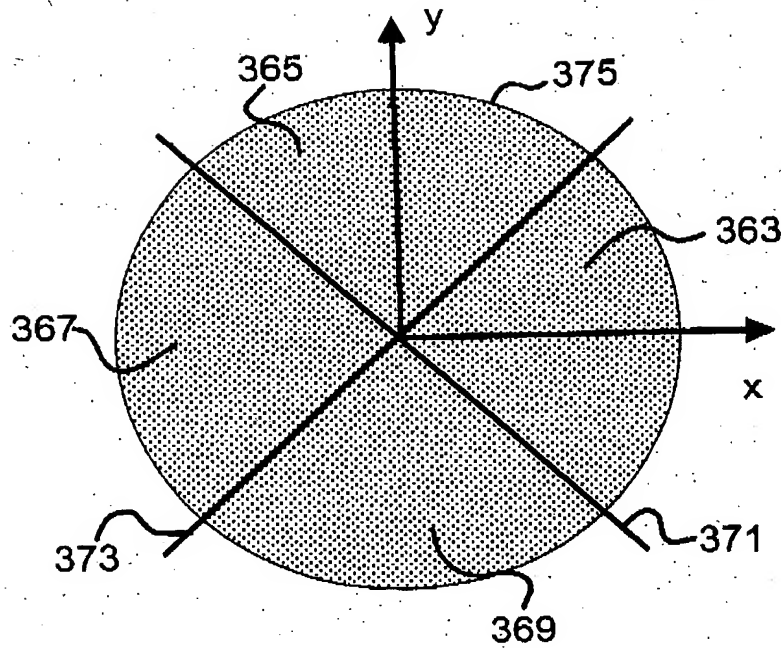


Fig. 2

27

Fig. 3